

La ventilación

Ventilación en ambientes explosivos

Puede resultar útil definir algunos conceptos y exponer los comportamientos de los líquidos, vapores y gases en circunstancias de inflamabilidad y explosión para exponer después el control que puede ejercerse con una ventilación adecuada de las atmósferas conteniendo tales elementos.

Los líquidos en si no son inflamables, son los vapores que de ellos se desprenden los que con aplicación de una llama o chispa provocan el fuego o la explosión. Estos vapores precisen de una determinada proporción de aire y la presencia de una fuente de ignición para entrar en inflamabilidad.

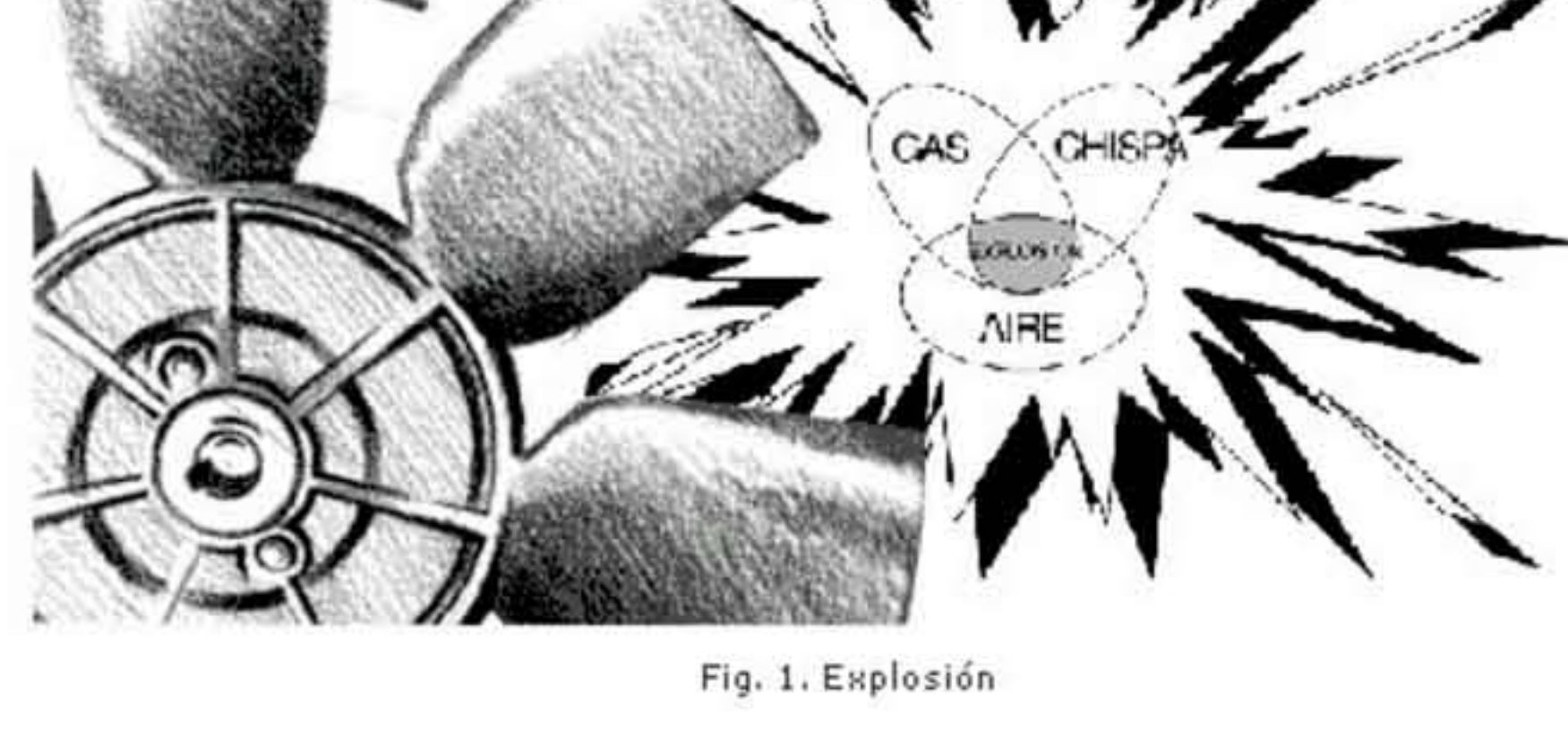


Fig. 1. Explosión

Así, los vapores de la gasolina deben estar presentes de un 1.4% a 7.6% en un volumen de aire para explotar. Por ello es necesario mantener la gasolina líquida en recipientes estancos y reducir al máximo su contacto con el aire durante su manejo.

Las técnicas de prevención de incendios y explosiones se basan en eliminar las fuentes de ignición, evitar el contacto con el aire, hacer un almacenaje estanco de los líquidos, emplear una atmósfera de gas inerte y usar una ventilación adecuada para diluir las mezclas e impedir concentraciones de gases inflamables.

La gasolina no es el único líquido que emite vapores inflamables a temperatura ambiente. En la tabla del final de la hoja figuran otros muchos líquidos combustibles e inflamables de uso común.

Punto de inflamación, temperatura de ignición, límites de inflamabilidad, índice de evaporación, reactividad al calor, densidad, índice de difusión, amén de otros factores se deben tenerse en cuenta para una correcta evaluación del riesgo a que estamos expuestos. Cuando el incendio se ha declarado o la explosión se ha provocado, todos estos factores pierden importancia y el control del siniestro pasa a otro nivel.

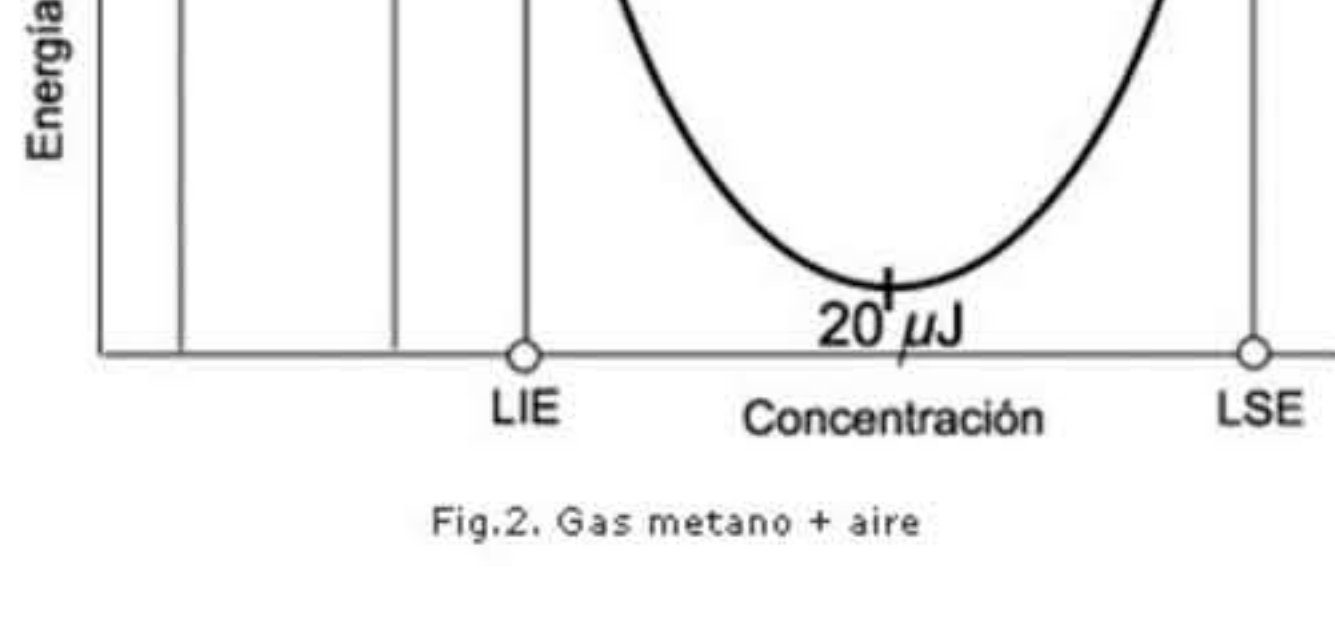


Fig. 2. Gas metano + aire

1. Clasificación

La asociación americana NFPA define un líquido como un fluido con una presión de vapor inferior a 172 kPa a 38 °C. Otra clasificación establece tres categorías de líquidos inflamables esquematizadas en las tablas 1 y 2.

Líquidos inflamables (Puntos de inflamación < 38°C)

Clase	Punto de inflamación	Punto de ebullición	Observaciones
IA	< 23 °C	< 38 °C	En zonas geográficas que pueden alcanzar los 38 °C, basta un calentamiento moderado para que el líquido alcance su punto de inflamación.
IB	< 23 °C	> 38 °C	
IC	> 23 °C < 38 °C		

Tabla 1. Líquidos inflamables

Líquidos combustibles (Puntos de inflamación > 38°C)

Clase	Punto de inflamación	Observaciones
II	≥ 38 °C < 60 °C	-
IIIA2	60 °C < 93 °C	Requieren para su ignición una considerable aportación de calor de una fuente distinta del ambiente
IIIB	≥ 93 °C	

Tabla 2. Líquidos combustibles

Muchos productos combustibles son sólidos a temperatura de 38 °C o más pero al calentarse se transforman en líquidos que emiten vapores inflamables. Ceras, pulimentos, etc. deben considerarse bajo el punto de vista de los líquidos y vapores a que dan lugar al calentarse.

2. Atmósfera explosiva

Es toda mezcla de aire, en condiciones atmosféricas, de sustancias inflamables en forma de gas, vapor, niebla o polvo en las que tras una ignición, la combustión se propaga a la totalidad de la mezcla no quemada. (Definición contenida en la Directiva 94/9/CE).

La temperatura de inflamación está definida por ensayos normalizados según CEI-79-4. El factor tiempo influye también poderosamente como puede colegirse de la Fig. 3 del metano (grisú de las minas).

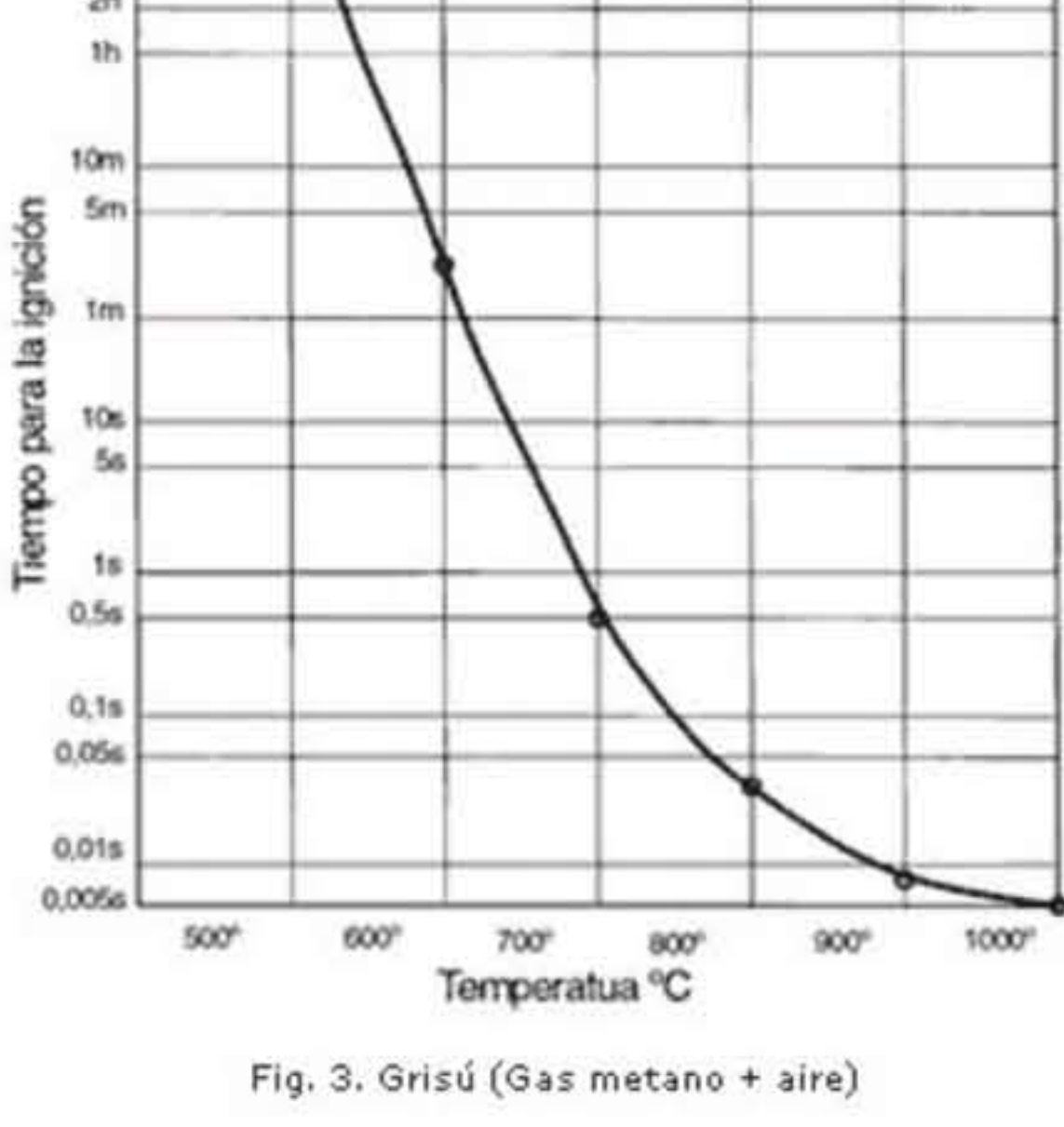


Fig. 3. Grisú (Gas metano + aire)

La energía mínima de inflamación expresada en mJ (mil julios) se indica como ejemplo en la tabla 3.

Líquidos inflamables (Puntos de inflamación < 38°C)

Clase	Gas / Aire	Mínima m
I	Metano	8,3 ± 0,3
IIB	Propano	5,25 ± 0,25
IIC	Hidrógeno	21 ± 2

Tabla 3. Líquidos inflamables

3. Atmósfera potencialmente explosiva

Se la llama así cuando el riesgo sólo existe en estado potencial, esto es, que la atmósfera pueda derivar a explosiva debido a condiciones locales y de funcionamiento.

4. Punto de inflamación de un líquido

Corresponde a la temperatura más baja a la que la presión de vapor del líquido puede producir una mezcla inflamable en el límite inferior de inflamabilidad. Más sencillo: sin vapor no hay inflamación. Cuanto más temperatura más vapor. Hay una temperatura mínima a la que hay suficiente vapor para inflamarse. Es el Punto de Inflamación.

Existen aparatos normalizados para realizar los ensayos que determinan este punto.

5. Temperatura de autoignición de un líquido

Es la temperatura a la que debe calentarse un líquido para que entre en ignición espontánea y arder.

También está normalizado el método para determinar esta temperatura.

En general la temperatura de ignición disminuye al aumentar el peso molecular del líquido. Como ejemplo puede verse la Fig. 4.

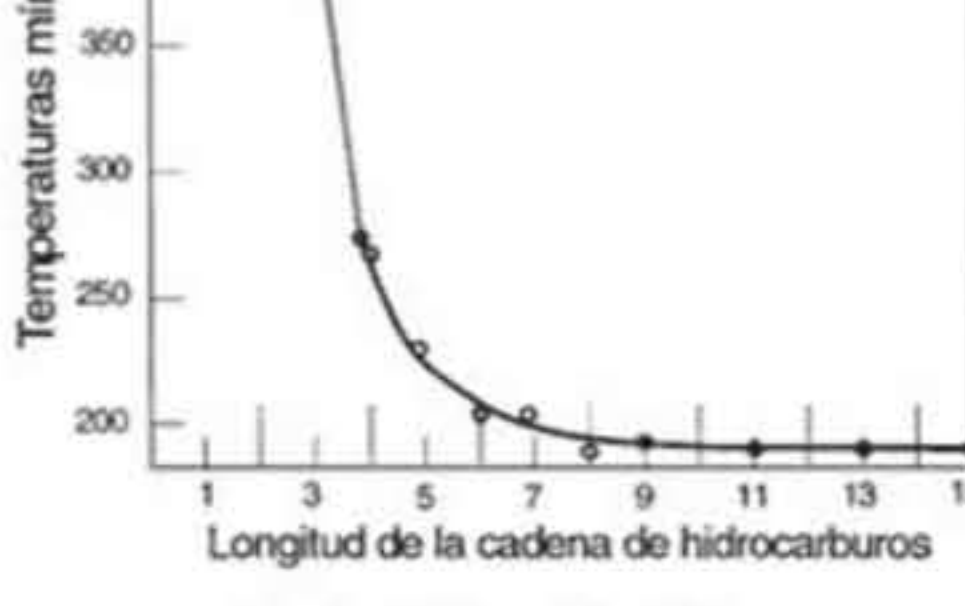


Fig. 4. Gráfica de ignición

6. Límites de explosividad

Se define el "Límite Inferior de Explosividad" LIE, como aquel en que la concentración mínima de vapor-aire por debajo de la cual el fuego no se propaga.

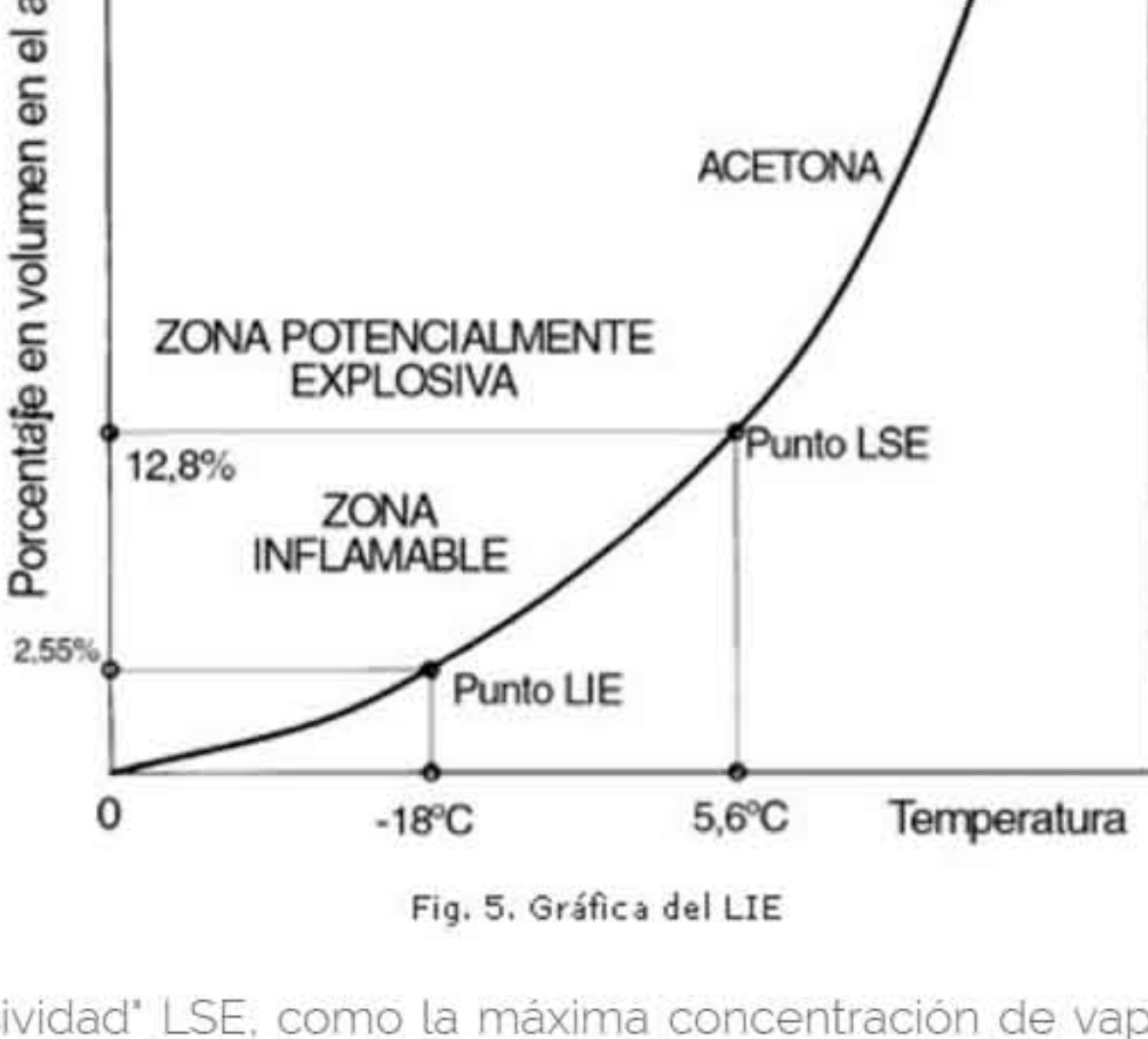


Fig. 5. Gráfica del LIE

Y el "Límite Superior de Explosividad" LSE, como la máxima concentración de vapor-aire por encima de la cual el fuego no se propaga.

Por debajo del LIE se considera que la mezcla es "demasiado pobre" para arder y por encima del LSE es "demasiado rica" también para arder. En este caso, tratándose de motores de explosión, decimos que se "ahoga".

Los límites de explosividad vienen fuertemente influenciados por la temperatura y la presión a que está sometido el líquido inflamable. Los vapores que flotan sobre un líquido se reducen al aumentar la presión que se opone a la vaporización y aumentan cuando desciende esta presión. También, a mayor temperatura el líquido tendrá mayor presión de vapor y tenderá a evaporarse en mayores cantidades. El punto de equilibrio sólo puede alcanzarse obviamente en sistemas cerrados como en tanques, tuberías, etc. Al aire libre el líquido vaporizable continuará evaporándose hasta su total agotamiento.

7. Energía necesaria para la ignición de vapores

Las fuentes de ignición pueden ser muy diversas.

- **Calor**
Producido por rozamientos en máquinas con funcionamiento anormal, desgastes, roturas, etc. Las superficies calientes, deben tener dimensiones y temperatura suficientes para poder inflamarse.
- **Llamas**
Que sean capaces de calentar el vapor hasta la temperatura de ignición de la mezcla.
- **Chispas**
Las producidas por fricción, de corta duración, pueden no llegar a inflamarse mezclas. Las chispas eléctricas, en cambio, sí que suelen tener energía suficiente y son capaces de producir ignición de las mezclas inflamables.

8. Por compresión

Pueden provocarse explosiones muy destructivas a menos que estén controladas y dirigidas, como es el caso dentro de los cilindros de los motores Diesel, en donde la compresión rápida de una mezcla inflamable, de gasoil, genera el calor suficiente hasta su punto de ignición.

La tabla siguiente contiene una lista de productos con indicación de sus características físicas y los límites de explosividad LIE y LSE. También se expresa el MAC, la máxima concentración aceptable para la vida de los humanos.

Es un dato muy necesario al tratar de las atmósferas de recintos cerrados, naves o armarios en procesos industriales en los que exista la presencia humana ya que la ventilación de una atmósfera para asegurar su nulo riesgo de explosión puede no ser suficiente para la salud de los ocupantes.

En la segunda parte de esta Hoja Técnica, **Ventilación en Ambientes Explosivos II**, se darán las fórmulas para calcular la aportación de aire que asegure mantener la atmósfera por debajo del LIE.

Materias	Peso molecular	Densidad	Límites de explosividad		Máxima concentración MAC	
			Porcentaje % en volumen	% en volumen	p.p.m.	mg/m³
Acetaldehído	44,05	0,821	3,97	57,00	100	180
Acetato de etilo	88,10	0,901	2,18	11,40	400	1400
Acetato de metilo	74,08	0,928	3,15	15,16	200	610
Acetato de n-propilo	102,13	0,886	1,77	8,00	200	835
Acetato de n-amilo	130,18	0,879	1,10	-	100	532
Acetato de n-butilo	116,16	0,882	1,39	7,55	150	713
Acetona	58,08	0,792	2,55	12,80	1000	2400
Acido acético	60,05	1,049	5,40	-	10	25
Acrílonitrilo	53,06	0,806	3,05	17,00	2	4,3
Alcohol etílico	46,07	0,789	3,28	18,95	1000	1900
Alcohol isoamílico	88,15	0,812	1,20	-	100	361
Alcohol isopropílico	60,09	0,785	2,02	11,80	400	983
Amoniaco	17,03	0,597	15,50	27,00	25	18
Anhidrido sulfuroso	64,07	2,264	-	-	5	13
Anhidrido acético	102,09	1,082	2,67	10,13	10	25
Anhidrido carbónico	44,01	1,53	-	-	5000	9000
Anilina	93,12	1,022	75,6	-	5	19
Benceno	78,11	0,879	1,4	7,10	10	30
Bromo	159,83	3,119	-	-	0,1	0,7
Bromuro de etilo	109,98	1,43	6,75	11,25	200	891
Bromuro de metilo	94,95	1,732	13,50	14,50	20	80
Butadieno	54,09	0,621	2	11,50	10	22
Butano	58,12	2,085	1,86	8,41	800	1900
Butanol	74,12	0,810	1,45	11,25	100	300
Butanone	72,1	0,805	1,81	9,50	200	590
Cianuro de hidrógeno	27,03	0,688	5,60	40,00	10	11
Ciclohexano	84,16	0,779	1,26	7,75	300	1030
Ciclopropano	42,08	0,720	2,40	10,40	-	-
Cloro	70,91	3,214	-	-	1	3
Cloroformo	119,39	1,478	No inflamable	-	10	50
Cloruro de etilo	64,52	0,921	3,6	14,80	1000	2640
Cloruro de metilo	50,49	1,785	8,25	18,70	50	103
Cloruro de n-propilo	62,50	0,908	4,00	21,70	500	1300
Dicloroetileno	96,95	1,291	9,7	12,80	5	20
Diclorometano	98,97	1,257	6,2	15,9	50	174
Dicloruro de propileno	112,99	1,159	3,4	14,5	75	347
Disulfuro de carbono	76,13	1,263	1,25	50	-	-
Estireno	104,14	0,903	1,1	6,1	50	213
Eter etílico	74,12	0,713	-	-	400	1200
Etoxi-etanol	90,12	0,931	2,6	15,70	5	18
Formaldehído	30,03	0,815	7,0	73,00	5	6
Formiato de etilo	74,08	0,917	2,75	16,40	100	303
Formiato de metilo	60,05	0,974	4,5	20,00	100	246
Fosfamina	34,00	1,146	-	-	0,3	0,4
Gasolina	86	0,68	1,3	6,00	300	890
Heptano	100,20	0,684	1,1	6,70	400	1640
Hexano	86,17	0,66	1,18	7,40	200	360
Metanol	34,04	0,792	6,72	36,50	100	260
Metilpropilcetona	86,13	0,816	1,55	8,15	-	-
Monóxido de carbono	28,10	0,968	12,5	74,20	50	55
Octano	114,22	0,703	0,95	3,2	300	1450
Oxido de etileno	44,05	0,887	3,00	80,00	1	1,8
Ozono	48,00	1,658	-	-	0,1	0,2
Pentano	72,15	0,625	1,40	7,80	600	1800
Percloroetileno	165,85	1,624	No inflamable	-	100	670
Propano	44,09	1,554	2,12	9,35	-	-
Sulfuro de carbono	76,13	1,263	1,25	50,00	20	60
Sulfuro de hidrógeno	34,08	1,189	4,3	45,50	10	14
Tetracloruro de carbono	153,84	1,595	No inflamable	-	10	65
Tolueno	93,12	0,866	1,27	6,75	100	375
Tricloroetileno	131,40	1,466	No inflamable	-	100	535
Xileno	106,16	0,881	1,0	6,00	100	435

Tabla 4.